

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
1. Juli 2004 (01.07.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2004/055484 A2

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **G01F 1/66**

(21) Internationales Aktenzeichen: **PCT/EP2003/013838**

(22) Internationales Anmeldedatum:
6. Dezember 2003 (06.12.2003)

(25) Einreichungssprache: **Deutsch**

(26) Veröffentlichungssprache: **Deutsch**

(30) Angaben zur Priorität:
102 58 997.6 16. Dezember 2002 (16.12.2002) **DE**

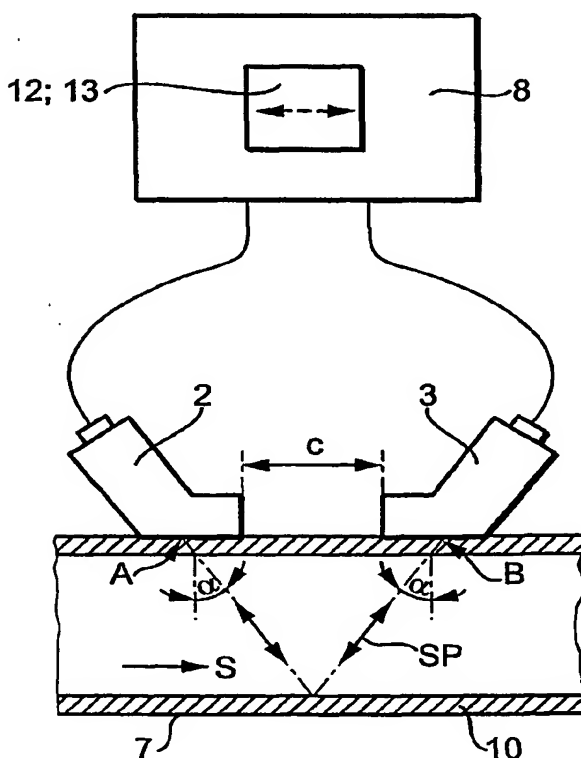
(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): **ENDRESS + HAUSER FLOWTEC AG** [CH/CH];
Kägenstrasse 7, CH-4153 Reinach (CH).

(72) Erfinder; und
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **BERGER, An-
dreas** [CH/CH]; Parkstrasse 53, 4106 Therwil (DE).
BUSSINGER, Klaus [CH/CH]; Heiligholzstrasse 28,
CH-4142 Münchenstein (CH). **BRUMBERG, Oliver**
[DE/DE]; Grendelmattweg 15, 79618 Rheinfelden (DE).
FLEURY, Aurèle [CH/CH]; Im Birspark 11, CH-4147
Aesch (CH). **FRÖHLICH, Thomas** [CH/CH]; Kien-
bergstrasse 20, CH-4058 Basel (CH). **STOCKER, Harald**

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: **DEVICE FOR POSITIONING A CLAMP-ON FLOWMETER ON A CONTAINER**

(54) Bezeichnung: **VORRICHTUNG ZUR POSITIONIERUNG EINES CLAMP-ON DURCHFLUSSMESSGERÄTS AN EINEM
BEHÄLTNIS**



(57) Abstract: The invention relates to a device for positioning a clamp-on flowmeter (1) on a container (7) through which a medium (9) flows. Said device comprises at least two ultrasound transducers (2; 3) which emit measuring signals into the container (7) and/or receive measuring signals from the container (7), a positioning unit (11) for the variable positioning of the ultrasound transducers (2, 3) on the container (7), a regulating/evaluation unit (8) which calculates a characteristic nominal quantity (T_{soll}) of the measuring signals from pre-determined process and/or system quantities, and determines, on the basis of a comparison of the calculated nominal quantity (T_{soll}) with the corresponding measured actual quantity (T_{ist}), whether the ultrasound transducers (2, 3) are positioned in an optimum manner or whether the position of the ultrasound transducers (2, 3) is to be modified, and a display unit (12) which shows the operating staff any necessary position modification and/or the direction in which the position modification is to take place.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung zur Positionierung eines Clamp-On Durchflussmessgeräts (1) an einem Behältnis (7), das von einem Medium (9) durchströmt wird, mit zumindest zwei Ultraschallwandlern (2; 3), die Messsignale in das Behältnis (7) aussenden und/oder aus dem Behältnis (7) empfangen, mit einer Positioniereinheit (11) zur variablen Positionierung der Ultraschallwandler (2, 3) an dem Behältnis (7), mit einer Regel-/Auswerteeinheit (8), die aus vorgegebenen Prozess- und/oder Systemgrößen eine charakteristische SOLL-Grösse (T_{soll}) der Messsignale errechnet und

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2004/055484 A2



[DE/DE]; Lindenweg 25a, 79650 Schopfheim (DE).
STRUNZ, Torsten [CH/CH]; Hebelstrasse 126, CH-4056
Basel (CH). WIEST, Armin [DE/DE]; Kirchstrasse 8/1,
79576 Weil am Rhein (DE).

(74) **Anwalt:** ANDRES, Angelika; Endress + Hauser Deutsch-
land Holding GmbH, Colmarer Strasse 6, 79576 Weil am
Rhein (DE).

(81) **Bestimmungsstaaten (national):** AE, AG, AL, AM, AT,
AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN,
CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI,
GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE,
KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD,
MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PG, PH,
PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN,
TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) **Bestimmungsstaaten (regional):** ARIPO-Patent (BW,
GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM,
ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU,
TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ,
DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC,
NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF,
CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD,
TG).

Veröffentlicht:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu ver-
öffentlichen nach Erhalt des Berichts

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Ab-
kürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Co-
des and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der
PCT-Gazette verwiesen.

die anhand eines Vergleichs der errechneten SOLL-Grösse (Tsoll) mit der entsprechenden gemessenen IST-Grösse (Tist) ermittelt, ob die Ultraschallwandler (2, 3) optimal positioniert sind oder ob die Position der Ultraschallwandler (2, 3) zu verändern ist, und mit einer Anzeigeeinheit (12), die dem Bedienpersonal eine erforderliche Positionsänderung und/oder die Richtung in der eine Position-
sänderung zu erfolgen hat, zur Anzeige bringt.

Vorrichtung zur Positionierung eines Clamp-On Durchflußmeßgeräts an einem Behältnis

5 Die Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung zur Positionierung eines Clamp-On Durchflußmeßgeräts an einem Behältnis, das von einem Medium durchströmt wird.

10 Clamp-on Ultraschall-Durchflußmeßgeräte werden vielfach in der Prozeß- und Automatisierungstechnik eingesetzt. Sie erlauben es, den Volumen- und/oder Massenstrom eines Mediums in einem Behältnis, insbesondere in einer Rohrleitung berührungslos zu bestimmen. Weiterhin haben Sie den Vorteil, daß sie von außen an die Rohrleitung angebracht werden können. Clamp-On Ultraschall-Durchflußmeßgeräte sind beispielsweise in der EP 0 686 255 B1,
15 der US-PS 4,484,478 oder der US-PS 4,598,593 beschrieben.

Die bekannten Ultraschall-Durchflußmeßgeräte arbeiten entweder nach dem Doppler-Prinzip oder nach dem Laufzeitdifferenz-Prinzip. Beim Laufzeitdifferenz-Prinzip wird die unterschiedliche Laufzeit von Ultraschall-Meßsignalen in Strömungsrichtung und entgegen der Strömungsrichtung des Mediums ausgewertet. Hierzu werden die Ultraschall-Meßsignale von den Ultraschallwandlern wechselweise in Strömungsrichtung und entgegen der Strömungsrichtung des Mediums ausgesendet bzw. empfangen. Anhand der Laufzeitdifferenz der Ultraschall-Meßsignale läßt sich die Fließgeschwindigkeit
20 und damit bei bekanntem Durchmesser des Rohres der Volumendurchfluß bzw. bei bekannter Dichte des Mediums der Massendurchfluß bestimmen.

Beim Doppler-Prinzip werden Ultraschall-Meßsignale mit einer vorgegebenen Frequenz in das strömende Medium eingekoppelt. Die in dem Medium reflektierten Ultraschall-Meßsignale werden ausgewertet. Anhand einer
30 zwischen dem eingekoppelten und dem reflektierten Ultraschall-Meßsignal auftretenden Frequenzverschiebung läßt sich ebenfalls die Fließgeschwindigkeit

keit des Mediums bzw. der Volumen und/oder Massenstrom bestimmen. Der Einsatz von Durchflußmeßgeräten, die nach dem Doppler-Prinzip arbeiten, ist nur möglich, wenn in dem Medium Luftbläschen oder Verunreinigungen vorhanden sind, an denen die Ultraschall-Meßsignale reflektiert werden. Damit ist der Einsatz derartiger Ultraschall-Durchflußmeßgeräte im Vergleich zu den Ultraschall-Durchflußmeßgeräten, die nach dem Laufzeitdifferenz-Prinzip arbeiten, ziemlich eingeschränkt.

Bei Clamp-On Ultraschall-Durchflußmeßgeräten, die nach dem Laufzeitdifferenz-Prinzip arbeiten, werden die Ultraschall-Meßsignale unter einem vorgegebenen Winkel in das Behältnis, in dem sich das Medium befindet, eingestrahlt. Damit ein möglichst großer Anteil der von einem Ultraschallwandler in das Behältnis eingestrahlenen Energie im jeweils anderen Ultraschallwandler empfangen wird, müssen die beiden Ultraschallwandler einen definierten Abstand voneinander haben. Die jeweilige Position der Ultraschallwandler am Behältnis ist abhängig von dem Innendurchmesser der Rohrleitung und von der Schallgeschwindigkeit des Mediums. Als weitere Applikationsparameter, denen mitunter ein relativ großer Fehler anhaftet, sind die Wandstärke der Rohrleitung und die Schallgeschwindigkeit des Materials der Rohrleitung zu nennen.

Je nach Applikationsfall tritt bei Clamp-On Durchflußmeßgeräten noch eine weitere Fehlerquelle auf, die durch Temperaturänderungen des Mediums oder der Umgebung hervorgerufen wird. Ein Ultraschallwandler, der bei einem Clamp-On Durchflußmeßgerät eingesetzt wird, weist zumindest ein die Ultraschall-Meßsignale erzeugendes piezoelektrisches Element und einen Koppelkeil auf. Der Koppelkeil ist üblicherweise aus Kunststoff gefertigt und dient einerseits dazu, die Ultraschallsignale unter einem definierten Winkel ins Rohr einzustrahlen und andererseits der Impedanzanpassung. Die in einem piezoelektrischen Element erzeugten Ultraschall-Meßsignale werden über den Koppelkeil bzw. den Vorlaufkörper und die Rohrwand in das flüssige Medium geleitet. Da die Schallgeschwindigkeiten in einer Flüssigkeit und in Kunststoff

voneinander verschieden sind, werden die Ultraschallwellen beim Übergang von einem Medium in das andere gebrochen. Der Brechungswinkel selbst bestimmt sich nach dem Snellius Gesetz, d.h. der Brechungswinkel ist abhängig von dem Verhältnis der Ausbreitungsgeschwindigkeiten der beiden Medien. Mit Koppelkeilen bzw. Vorlaufkörpern aus Kunststoff läßt sich i.a. eine gute Impedanzanpassung erzielen; allerdings zeigt die Schallgeschwindigkeit von Kunststoff eine relativ starke Temperaturabhängigkeit. Typischerweise verändert sich die Schallgeschwindigkeit von Kunststoff von ca. 2500 m/s bei 25° C auf ca. 2200 m/s bei 130° C. Zusätzlich zu der durch die Temperatur hervorgerufenen Änderung der Laufzeit der Ultraschall-Meßsignale im Kunststoff des Koppelkeils, ändert sich auch die Ausbreitungsrichtung der Ultraschall-Meßsignale in dem strömenden Medium. Beide Änderungen wirken sich bei einem nach der Laufzeitdifferenz-Methode arbeitenden Ultraschall-Durchflußmeßgerät daher ungünstig auf die Meßgenauigkeit aus. Um die Meßgenauigkeit auf einem konstanten hohen Maß zu halten, sind daher Korrekturen der Position der Ultraschallwandler erforderlich.

Die Winkelpositionierung der Ultraschallwandler ist bei den bekannten Durchflußmeßgeräten fest vorgegeben. Zwecks Erstmontage oder im Falle späterer Applikationsänderungen ist es aufgrund des Zuvorgesagten erforderlich, den Abstand der beiden Ultraschallwandler definiert aufeinander einzustellen. Hierzu wird üblicherweise einer der beiden Ultraschallwandler solange relativ zum anderen verschoben, bis die Position ermittelt ist, in der die Intensität der von den Ultraschallwandlern empfangenen Meßsignale maximal ist. Nachdem der optimale Abstand der beiden Ultraschallwandler auf diesem 'Trial/Error' Weg ermittelt ist, werden die beiden Ultraschallwandler in der ermittelten Position fest an der Rohrwand arretiert. Dieses Verfahren ist natürlich relativ zeitintensiv. Zur Vereinfachung der relativen Bewegung der Ultraschallwandler werden mechanische Positionierhilfen wie Millimeterskalen oder Lochleisten eingesetzt. Eine Positionierhilfe, die mit einer Lochleiste arbeitet, ist beispielsweise in der EP 0 974 815 A1 beschrieben.

Hinzu kommt, daß einige der Applikationsparameter, die insbesondere bei einem Clamp-On Durchflußmeßgerät zur exakten Bestimmung des Volumendurchflusses notwendig sind, in den seltensten Fällen genau genug bekannt sind - oder aber die Ermittlung dieser Parameter ist ziemlich aufwendig.

5 Während die Bestimmung des Außendurchmessers der Rohrleitung kaum Probleme bereitet, kann die exakte Ermittlung der Wandstärke der Rohrleitung durchaus problematisch sein. In vielen Fällen ist darüber hinaus weder die Schallgeschwindigkeit des Materials der Rohrleitung noch die Schallgeschwindigkeit des Mediums exakt bekannt.

10

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung vorzuschlagen, mit der die Positionierung eines Clamp-On Durchflußmeßgeräts an einem Behältnis vereinfacht wird.

15 Die Aufgabe wird dadurch gelöst, daß zwei Ultraschallwandlern vorgesehen sind, die Meßsignale in das Behältnis aussenden und/oder aus dem Behältnis empfangen; desweiteren sind eine Positioniereinheit zur variablen Positionierung der Ultraschallwandler an dem Behältnis und eine Regel-/Auswerteeinheit vorgesehen, wobei die Regel-/Auswerteeinheit aus vorgegebenen
20 Prozeß- und/oder Systemgrößen eine charakteristische SOLL-Größe der Meßsignale errechnet und anhand eines Vergleichs der errechneten SOLL-Größe mit der entsprechenden gemessenen IST-Größe ermittelt, ob die Ultraschallwandler optimal positioniert sind oder ob die Position der Ultraschallwandler zu verändern ist. Darüber hinaus kommt eine Anzeigeeinheit
25 zum Einsatz, die eine erforderliche Positionsänderung und/oder die Richtung, in der eine Positionsänderung zu erfolgen hat, zur Anzeige bringt.

Erfindungsgemäß erfolgt eine Erkennung einer Fehlpositionierung der Ultraschallwandler und eine diese Fehlpositionierung ausgleichende Gegenmaßnahme aufgrund der von der in jeweils einem Ultraschallwandler
30 empfangenen Signale. Anhand der empfangenen Meßsignale wird zumindest

eine unter den Applikationsbedingungen auftretende charakteristische IST-Größe des Meßsignals ermittelt.

Bei der charakteristischen Größe handelt es sich bevorzugt um die Intensität der Meßsignale und/oder um die Laufzeit der Meßsignale. Dieser gemessene Wert wird mit einer entsprechenden charakteristischen SOLL-Größe verglichen. Handelt es sich bei der charakteristischen Größe um die Laufzeit, so wird die entsprechende SOLL-Größe errechnet, wobei zwecks Berechnung das Brechungsgesetz von Snellius zur Anwendung kommt. Üblicherweise sind nicht alle in den entsprechenden Gleichungen genannten Größen exakt bekannt. So ist in vielen Fällen die exakte Schallgeschwindigkeit des Mediums nicht bekannt. In einem solchen Fall wird der z.B. anhand einer Tabelle ersichtliche, wahrscheinlichste Wert für die Schallgeschwindigkeit des Mediums eingesetzt. Alternativ ist es möglich, die Schallgeschwindigkeit des Mediums anhand einer Messung zu bestimmen, indem die Laufzeit von Ultraschallwellen in senkrechter Richtung zur Fließrichtung des Mediums gemessen wird. Derartige Verfahren werden bereits in der Praxis angewendet, so daß an dieser Stelle auf eine exakte Beschreibung verzichtet werden kann.

Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist die Anzeigeeinheit derart ausgestaltet, daß sie dem Bedienpersonal die korrekte Position der Ultraschallwandler auf optischem und/oder auf akustischem Wege signalisiert oder daß die Anzeigeeinheit dem Bedienpersonal ggf. sukzessive Hinweise gibt, in welcher Richtung zumindest einer der Ultraschallwandler zwecks korrekter Positionierung zu verschieben ist. Eine vorteilhafte Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Vorrichtung schlägt vor, daß die Anzeigeeinheit integraler Teil des Clamp-On Durchflußmeßgerätes ist. Insbesondere ist vorgesehen, daß es sich bei der Anzeigeeinheit um ein Display handelt.

Die Information an den Anwender kann beispielsweise dadurch erfolgen, daß die Verschieberichtung und/oder der Betrag der Verschiebung der beiden Ultraschallwandler auf der Anzeigeeinheit in numerischen und/oder in graphischen Symbolen zur Anzeige kommt.

5

Prinzipiell kann es sich bei der Anzeigeeinheit um zumindest ein optisches und/oder um zumindest ein akustisches Wiedergabe-Element handeln, wobei das jeweils verwendete Element in verschiedenen Modi betreibbar ist.

10

Insbesondere kann es sich bei dem optischen Wiedergabe-Element um eine Leuchtdiode handeln, wobei es sich bei den Modi in diesem Fall z.B. um einen Blinkmodus, um einen Ein-Modus und/oder um einen Aus-Modus handelt.

15

Alternativ oder zusätzlich ist das optische Wiedergabe-Element so ausgestaltet, daß den unterschiedlichen Modi unterschiedliche Farbkennzeichnungen und/oder Symbole zugeordnet sind.

20

Kommt ein akustisches Wiedergabe-Element zum Einsatz, so ist es bevorzugt derart ausgestaltet, daß die unterschiedlichen Modi durch unterschiedliche Tonhöhen und/oder durch unterschiedliche Wiederholfrequenzen von zumindest einer Tonhöhe realisiert sind.

25

Die Erfindung wird anhand der nachfolgenden Zeichnungen näher erläutert.
Es zeigt:

Fig. 1: eine schematische Darstellung des Schallpfades eines Ultraschallmeßsignals in einer Rohrleitung,

Fig. 2: eine schematische Darstellung einer ersten Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Vorrichtung,

30

Fig. 3: eine schematische Darstellung einer zweiten Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Vorrichtung und

Fig. 4: eine schematische Darstellung einer dritten Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Vorrichtung.

Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung des Schallpfades SP eines Ultraschallmeßsignals in einer Rohrleitung bzw. in einem Rohr 7. Das Clamp-On Durchflußmeßgerät 1 ermittelt den Volumendurchfluß bzw. den Massendurchfluß des Mediums 9 in dem Rohr 7 nach der bekannten Laufzeitdifferenz-Methode.

Wesentliche Komponenten des Clamp-On Ultraschall-Durchflußmeßgerätes 1 sind die beiden Ultraschallwandler bzw. Ultraschallsensoren 2, 3 und die Regel-/Auswerteeinheit 8. Die beiden Ultraschallwandler 2, 3 sind mittels einer in der Fig. 1 nicht gesondert dargestellten Befestigungsvorrichtung an dem Rohr 7 angebracht. Entsprechende Befestigungsvorrichtungen sind aus dem Stand der Technik hinlänglich bekannt und werden auch von der Anmelderin angeboten und vertrieben. Das Rohr 7 mit dem Innendurchmesser d_i wird von dem Medium 9 in Strömungsrichtung S durchströmt.

Ein Ultraschallwandler 2; 3 weist als wesentliche Bestandteile zumindest ein piezoelektrisches Element 4; 5, das die Ultraschall-Meßsignale erzeugt und/oder empfängt, und einen Koppelkeil 6; 16 auf. Die Ultraschall-Meßsignale werden über den Koppelkeil 6; 16 und über die Rohrwand 10 in das vom Medium 9 durchströmte Rohr 7 eingekoppelt bzw. aus dem Rohr 7 ausgekoppelt.

Die beiden Ultraschallwandler 2, 3 sind derart ausgestaltet, daß sie Ultraschall-Meßsignale aussenden und empfangen. Der optimale Abstand c der beiden Ultraschallwandler 2, 3 ist – wie bereits an vorhergehender Stelle beschrieben – von verschiedenen System- und oder Prozeßgrößen abhängig.

Um sicherzustellen, daß die maximale Energie, die von einem Ultraschallwandler 2; 3 ausgesendet wird, auch in dem jeweils anderen Ultraschallwandler 3; 2 empfangen wird, ist eine auf den jeweiligen Anwendungsfall abgestimmte Positionierung der Ultraschallwandler 2, 3 erforderlich. Bei diesen System- und Prozeßgrößen handelt es sich beispielsweise um den Innendurchmesser d_i des Rohres 7, um die Wandstärke d_r des Rohres 7, um die Schallgeschwindigkeit c_r des Materials, aus dem das Rohr 7 gefertigt ist, oder um die Schallgeschwindigkeit c_m des Mediums 9. Prinzipiell ist eine Justierung der Ultraschallwandler 2, 3 sowohl bei der Erstmontage als auch immer dann erforderlich, wenn es zu einer wesentlichen Änderung von zumindest einer Prozeß- und/oder Systemgröße kommt.

In dem gezeigten Ausführungsbeispiel ist der Abstand c der beiden Ultraschallwandler 2, 3 so bemessen, daß sich die Ultraschall-Meßsignale, die entsprechend der Laufzeitdifferenz-Methode wechselweise von den beiden Ultraschallwandlern 2, 3 ausgesendet und empfangen werden, über nur einen Schallpfad SP in dem vom Medium 9 durchströmten Behälter 7 ausbreiten. Der Schallpfad SP hat zwei Traversen. Eine Traverse kennzeichnet den Teilbereich des Schallpfades SP, auf dem ein Ultraschall-Meßsignal den Behälter 7 einmal quert. Die Querung kann diametral oder kardial sein.

Sind die nachfolgend genannten Größen zumindest näherungsweise bekannt, so läßt sich die SOLL-Größe, die erfindungsgemäß der Positions- und Statusanzeigeeinheit vorgegeben wird, errechnen. Bei den Größen handelt es sich im einzelnen um:

- den Abstand d_s eines Ultraschallwandlers 2; 3 zur Rohrwand 10;
- die Dicke d_r der Rohrwand 10;
- den Innendurchmesser d_i des Rohres 7;
- die Schallgeschwindigkeit c_s im Vorlaufkörper 6; 7;
- die Schallgeschwindigkeit c_r im Rohr 7;
- die Schallgeschwindigkeit c_m im Medium 9;

- den Winkel as im Ultraschallwandler 2; 3;
- den Winkel ar im Rohr 7;
- den Winkel am im Medium;
- die Anzahl n der Traversen. Im gezeigten Fall ist $n = 2$.

5

Der Einstrahlwinkel ar im Rohr 7 lässt sich unter Zuhilfenahme des Snellius' Gesetzes durch die folgende Formel darstellen:

$$ar = \text{asin}\left(\frac{cr}{cs} \sin(as)\right)$$

10

Der Einfallswinkel am ins Medium 9 lässt sich durch die folgende Formel beschreiben :

$$am = \text{asin}\left(\frac{cm}{cs} \sin(as)\right)$$

15

Die Laufzeit T_{soll} der Ultraschall-Meßsignale auf dem Schallpfad SP lässt sich dann anhand der nachfolgenden Formel berechnen:

$$T_{soll} = \frac{2 \cdot ds}{\cos(as) \cdot cs} + \frac{2 \cdot dr}{\cos(ar) \cdot cr} + \frac{n \cdot di}{\cos(am) \cdot cm}$$

20

Sind alle Parameter bekannt, so berechnet sich die Laufzeit T_{soll} des Ultraschall-Meßsignals nach obiger Formel. Hierbei wurde übrigens die Annahme getroffen, daß in der Rohrleitung 7 der Durchfluß Null ist. In einer Vielzahl von Anwendungsfällen ist nun zumindest die Schallgeschwindigkeit

25 cm des Mediums 9 nicht bekannt. Folglich stimmt die gemessene Laufzeit T_{ist} nicht mit der errechneten Laufzeit T_{soll} überein, da in vielen Fällen für die Schallgeschwindigkeit cm des Mediums 9 zwecks Vereinfachung ein Schätzwert genommen wird. Ein besseres Ergebnis lässt sich erzielen, wenn die

Schallgeschwindigkeit c_m des Mediums 9 in einem separaten Verfahrensschritt gemessen wird.

5 Anschließend wird die tatsächliche Laufzeit T_{ist} des Ultraschall-Meßsingals gemessen und mit der errechneten Laufzeit T_{soll} verglichen. Ergibt sich anhand des Vergleichs, daß die gemessene Lauzeit T_{ist} größer ist als die vorgegebene Laufzeit T_{soll} , so müssen die beiden Ultraschallwandler 2, 3 näher zusammengerückt werden, der Abstand c der beiden Ultraschallwandler 2, 3 wird also verringert. Ist hingegen die gemessene
10 Lauzeit T_{ist} kleiner als die vorgegebene Laufzeit T_{soll} , so müssen die beiden Ultraschallwandler 2, 3 auseinander gerückt werden, d.h. der Abstand c wird vergrößert. Erfindungs-gemäß wird dem Bedienpersonal nun zur Anzeige gebracht, in welcher Richtung und ggf. um welchen Wert die Relativbewegung der Ultraschall-wandler 2, 3 zu erfolgen hat.

15

In den Figuren Fig. 2 bis Fig. 4 sind schematische Darstellungen von verschiedenen Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Vorrichtung zu sehen. Wie bereits gesagt, vermittelt die erfindungsgemäße Positions- und Statusanzeigeeinheit 12 dem Bedienpersonal die zur Positionierung der
20 Ultraschallwandler 2, 3 notwendige Information. Bei dem in Fig. 2 dargestellten Fall erfolgt die Status- und Positionsanzeige über ein Display 13, das in die Regel-/Auswerteeinheit 6 integriert ist. Die Richtungsanzeige der Verschiebung der Ultraschallwandler 2,3 wird im gezeigten Fall über Pfeile dargestellt; insbesondere ist hier symbolisiert, daß die Ultraschallwandler 2, 3
25 einen größeren Abstand c voneinander haben müssen. Die Betrag der notwendigen Verschiebung kann über die Länge der Pfeile angezeigt werden. Ein Erreichen der vorgegebenen Distanz c der Ultraschallwandler 2, 3 kann beispielsweise durch ein Verschwinden der Pfeile symbolisiert werden, oder es erscheint ein entsprechender Text, z.B. 'Sensorposition erreicht' oder ein
30 entsprechendes allgemein verständliches Symbol.

Fig. 3 zeigt eine alternative Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Status- und Positionsanzeigeeinheit 12 bei einem Clamp-On Ultraschall-Durchflußmeßgerät 1. Die Anzeige erfolgt hier über die beiden Wiedergabe-Elemente 14, bei denen es sich im einfachsten Fall um Leuchtdioden handelt.

5 Beispielsweise wird durch die Farbe oder durch Blinken der Leuchtdioden angezeigt, in welche Richtung die beiden Ultraschallwandler 2, 3 verschoben werden müssen oder ob die korrekte Position - gekennzeichnet durch die idealen Einkoppelungspunkte A, B - bereits erreicht ist.

10 In Fig. 4 sind die beiden Ultraschallwandler 2, 3 über ein Führungselement, insbesondere über eine Schiene 15 miteinander verbunden. Diese Schiene 15 kann als Meßsystem ausgebildet sein. Alternativ ist vorgesehen, daß das Meßsystem in die Schiene 15 integriert ist. Das Meßsystem bestimmt auch hier die Distanz c zwischen den beiden Ultraschallwandlern 2, 3 und zeigt
15 eine eventuell erforderliche Verschiebung an. Durch die Schiene 15 wird das achsparallele Verschieben der beiden Ultraschallwandler 2, 3 relativ zum Rohr 7 erleichtert. Wie bereits erwähnt, sind derartige Positioniereinheiten als solche aus dem Stand der Technik bereits bekannt geworden.

20 Die Anzeige der Verschieberichtung erfolgt wiederum auf einem Display 13. Beispielsweise wird die notwendige Verschiebung in Form einer Zahl auf dem Display 13 z.B. mittels eines Linearpotis mit Digitalanzeige dargestellt. Es versteht sich von selbst, daß zwecks Anzeige der erforderlichen Verschiebung der Ultraschallwandler 2, 3 auch eine oder mehrere Leuchtdioden auf dem
25 Führungselement 15 angebracht sein können. Darüber hinaus ist in allen Fällen anstelle der optischen Anzeige alternativ oder zusätzlich eine akustische Anzeige möglich.

Weiterhin schlägt eine bevorzugte Ausgestaltung der erfindungsgemäßen
30 Vorrichtung vor, daß die Ultraschallwandler 2, 3 entsprechend der Abweichung des aktuellen Werts der charakteristischen Größe von der entsprechenden vorgegebenen Größe automatisch in die korrekte Position

verfahren werden. In diesem Fall kann auf die Anzeigeeinheit 12 auch gänzlich verzichtet werden. Lediglich der Positioniermechanismus als solcher muß automatisiert werden. Entsprechende automatische Positioniermechanismen sind aus vielen Anwendungsbereichen (z. B. aus der

5 Materialbearbeitung) hinlänglich bekannt.

Bezugszeichenliste

	1	Ultraschall-Durchflußmeßgerät
	2	Ultraschallwandler
	3	Ultraschallwandler
5	4	Piezoelektrisches Element
	5	Piezoelektrisches Element
	6	Koppelkeil / Vorlaufkörper
	7	Behältnis / Rohr
	8	Regel-/Auswerteeinheit
10	9	Medium
	10	Rohrwand
	11	Positioniereinheit
	12	Anzeigeeinheit
	13	Display
15	14	Wiedergabe-Element
	15	Schiene / Führungselement
	16	Koppelkeil / Vorlaufkörper
	S	Strömungsrichtung
	SP	Schallpfad
20	ds	Abstand Ultraschallwandler zur Rohrwand
	dr	Dicke der Rohrwand
	di	Innendurchmesser des Rohres
	cs	Schallgeschwindigkeit im Vorlaufkörper
25	cr	Schallgeschwindigkeit im Rohr
	cm	Schallgeschwindigkeit im Medium
	as	Winkel im Ultraschallwandler
	ar	Winkel im Rohr
	am	Winkel im Medium
30	n	Anzahl Traversen
	c	Abstand der Ultraschallwandler

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Positionierung eines Clamp-On Durchflußmeßgeräts (1) an einem Behältnis (7), das von einem Medium (9) durchströmt wird,
5 mit zumindest zwei Ultraschallwandlern (2; 3), die Meßsignale in das Behältnis (7) aussenden und/oder aus dem Behältnis (7) empfangen,
mit einer Positioniereinheit (11) zur variablen Positionierung der Ultraschallwandler (2, 3) an dem Behältnis (7),
mit einer Regel-/Auswerteeinheit (8), die aus vorgegebenen Prozeß- und/oder
10 Systemgrößen eine charakteristische SOLL-Größe (T_{soll}) der Meßsignale errechnet und die anhand eines Vergleichs der errechneten SOLL-Größe (T_{soll}) mit der entsprechenden gemessenen IST-Größe (T_{ist}) ermittelt, ob die Ultraschallwandler (2, 3) optimal positioniert sind oder ob die Position der Ultraschallwandler (2, 3) zu verändern ist, und
15 mit einer Anzeigeeinheit (12), die dem Bedienpersonal eine erforderliche Positionsänderung und/oder die Richtung in der eine Positionsänderung zu erfolgen hat, zur Anzeige bringt.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1,
20 **dadurch gekennzeichnet,**
daß die Anzeigeeinheit (12) derart ausgestaltet ist, daß sie dem Bedienpersonal die korrekte Position der Ultraschallwandler (2, 3) auf optischem und/oder auf akustischem Wege signalisiert oder daß die Anzeigeeinheit (12) dem Bedienpersonal ggf. sukzessive Hinweise gibt, in welcher Richtung die
25 Ultraschallwandler (2, 3) zwecks korrekter Positionierung zu verschieben sind.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Anzeigeeinheit (12) integraler Teil des Clamp-On Durchflußmeß-
30 gerätes (1) ist.

4. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 3,

dadurch gekennzeichnet,

daß es sich bei der Anzeigeeinheit (12) um ein Display (13) handelt.

5

5. Vorrichtung nach Anspruch 4,

dadurch gekennzeichnet,

daß die Verschieberichtung und/oder der Betrag der Verschiebung der beiden
Ultraschallwandler (2, 3) auf der Anzeigeeinheit in numerischen und/oder in
graphischen Symbolen zur Anzeige kommt.

10

6. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 3,

dadurch gekennzeichnet,

daß es sich bei der Anzeigeeinheit (12) um zumindest ein optisches und/oder
um zumindest ein akustisches Wiedergabe-Element (14) handelt, wobei das
jeweils verwendete Wiedergabe-Element (14) in verschiedenen Modi
betreibbar ist.

15

7. Vorrichtung nach Anspruch 6,

dadurch gekennzeichnet,

daß es sich bei dem optischen Wiedergabe-Element (14) um eine Leucht-
diode handelt, wobei es sich bei den Modi um einen Blinkmodus, um einen
Ein-Modus und/oder um einen Aus-Modus handelt.

20

8. Vorrichtung nach Anspruch 6,

dadurch gekennzeichnet,

daß das optische Wiedergabe-Element (14) so ausgestaltet ist, daß den
unterschiedlichen Modi unterschiedliche Farbkennzeichnungen und/oder
Symbole zugeordnet sind.

25

9. Vorrichtung nach Anspruch 6,
dadurch gekennzeichnet,

daß das akustische Wiedergabe-Elements (14) so ausgestaltet ist, daß die
unterschiedlichen Modi durch unterschiedliche Tonhöhen und/oder durch

5 unterschiedliche Wiederholffrequenzen von zumindest einer Tonhöhe realisiert
sind.

10. Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,

10 daß es sich bei der chrakteristischen Größe um die Intensität der Meßsignale
und/oder um die Laufzeit (T) der Meßsignale handelt.

1/2

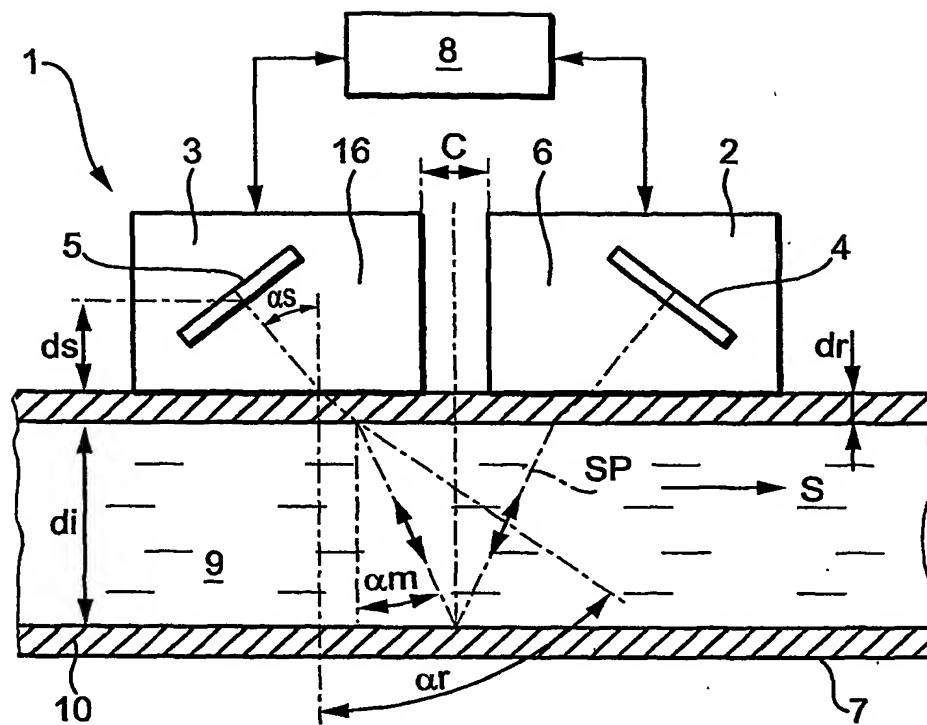


Fig. 1

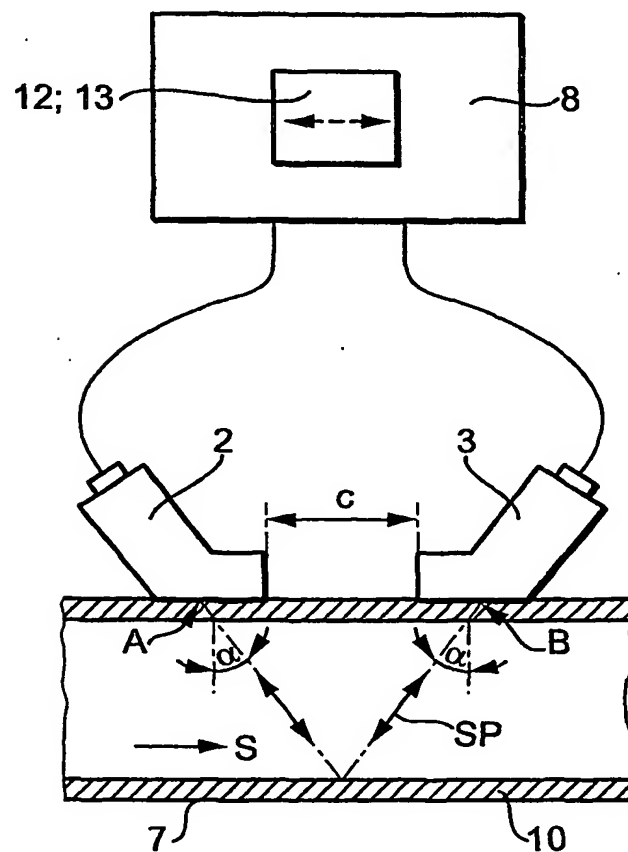


Fig. 2

10/537353

2/2

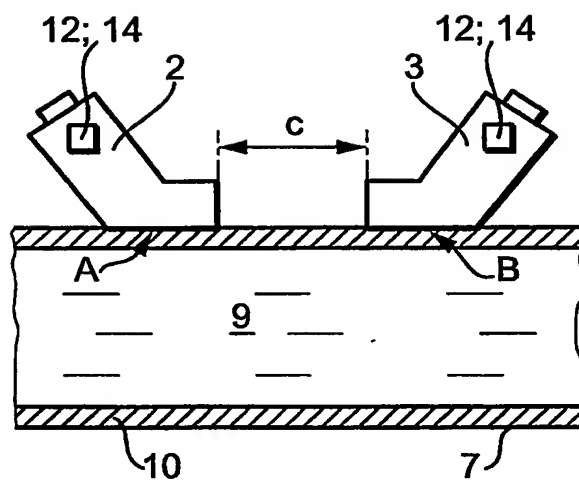


Fig. 3

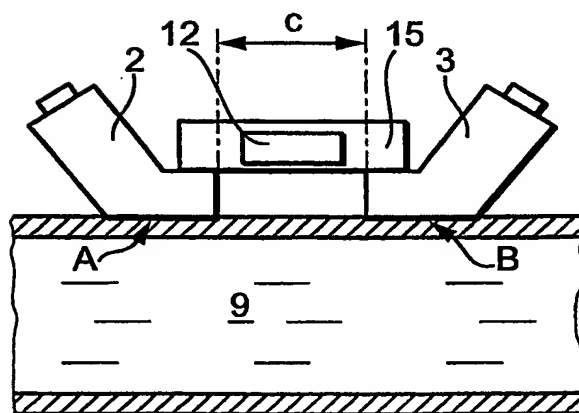


Fig. 4

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.